

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**КЛЄВЦОВА МАРИНА ОЛЕКСАНДРІВНА**

УДК 006.83:664.68 (043.5)

**МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА  
МАЛОПОТУЖНОМУ КОНДИТЕРСЬКОМУ ПІДПРИЄМСТВІ**

Спеціальність 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та  
метрологічне забезпечення

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автоматизації експериментальних досліджень Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Володарський Євген Тимофійович**,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського», професор кафедри автоматизації  
експериментальних досліджень, Заслужений працівник  
освіти

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор,  
**Тріщ Роман Михайлович**,  
Українська інженерно-педагогічна академія ,  
завідувач кафедри охорони праці, стандартизації  
та сертифікації

доктор технічних наук, професор,  
**Кучерук Володимир Юрійович**,  
Вінницький національний технічний університет,  
завідувач кафедри метрології та промислової автоматики

Захист дисертації відбудеться «14» травня 2019 р. о 15 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.20 при Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, корп. 22, ауд. 316.

З дисертацією можна ознайомитися у Науково-технічній бібліотеці ім. Г.І. Денисенка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37.

Автореферат розісланий « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
канд. техн. наук, доцент

А. І. Замулко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Високий рівень якості продукції є ключовим фактором конкурентоспроможності підприємств. Вимоги щодо дотримання відповідного рівня якості продукції є однаковими для всіх підприємств незалежно від форми власності та організаційної структури. Звідси впливає значущість побудови системи управління якістю (СУЯ), яка становить структурну основу для планування, отримання, моніторингу та поліпшення показників діяльності виробництва.

Існуючі СУЯ в основному орієнтовані на великі підприємства, і більшість підходів в даний час апробуються в умовах великого бізнесу, у той час як малопотужні підприємства (МП), не менш ніж великі компанії, зацікавлені та потребують побудови, аналізу та розвитку СУЯ. Натомість, поширені підходи не завжди працюють у МП. На сьогодні, наявні наукові розробки та методичні матеріали не містять навіть рекомендацій, які б враховували особливості малопотужних виробництв. Для них наявність періодичного виробничого процесу малої тривалості, застосування того самого обладнання та засобів вимірювання для виробництва різноманітного асортименту продукції ускладнюють проведення контрольних операцій та обмежує їх в часі. Окрім того, обмежений бюджет та недостатня чисельність персоналу не дозволяють впровадити повноцінну СУЯ, тому для МП виникає необхідність у плануванні (проектуванні) окремих складових СУЯ, зокрема контролю якості технологічного процесу, починаючи з етапів виготовлення, фасування та закінчуючи оцінкою відповідності готової продукції встановленим вимогам.

Оскільки якість продукції визначальною мірою формується упродовж виробничого процесу, це викликає необхідність ретельного контролю перебігу технології її виготовлення. У цьому разі об'єктом контролю слугує повне дотримання всіх технологічних режимів для забезпечення стабільності параметрів виробництва. Окрім цього, контролювання якості вимагає фасування готової продукції, що є законодавчо регульованою сферою. Традиційний підхід до виробництва продукції побудований на перевірках показників якості «post-production», тобто, коли бракована продукція вже виготовлена. Для підприємств кондитерської галузі контроль «post-production» є руйнівним, а вироблений брак не є поправним. Тому актуальним є розроблення методів контролю якості, які дозволяють виявити розладнання процесу на початковій стадії його виникнення, що зменшує обсяг та тривалість процедури контролю технологічного процесу та якості виготовленої продукції. Реалізація цих методів дозволить МП підвищити вірогідність контролю параметрів процесу за менший час, що обумовлює зменшення собівартості продукції без втрати її якості.

Отже, за цих умов, особливої актуальності набуває проблема теоретичного обґрунтування та формування методів контролю показників якості в рамках сучасної системи управління якістю та її реалізації шляхом розробки практичних пропозицій та критеріїв забезпечення якості виробництва в умовах МП.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Робота виконана на кафедрі автоматизації експериментальних досліджень Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря

Сікорського» відповідно до основних положень Концепції державної політики у сфері управління якістю продукції, процесами та послугами (Розпорядження КМУ від 17.08.2002 № 447-р) та у рамках ініціативної науково-дослідної роботи «Система моніторингу 3D-принтера», (2016-2018 рр.), державний реєстраційний номер 0114U004817, за завданням «Особливості оцінювання невизначеності деяких експериментальних процедур».

**Мета дисертаційної роботи** – забезпечення якості продукції в умовах малопотужного підприємства шляхом застосування узагальненого підходу до оцінювання розладнання технологічного процесу та формування критеріїв його раннього виявлення, вдосконалення статистичних методів оцінювання відповідності готової продукції.

Для досягнення цієї мети поставлено такі основні завдання:

- провести аналіз особливостей малопотужних підприємств кондитерської галузі щодо забезпечення якості продукції, обґрунтувати статистичний підхід до контролю точності, стабільності та регулювання технологічного процесу;
- провести аналіз чутливості контрольних карт з метою узгодження часового інтервалу між контрольними вибірками та тривалістю технологічного процесу виробництва продукції на малопотужному підприємстві;
- розробити узагальнений підхід із застосуванням карт Шухарта, спрямований на виявлення розладнання технологічного процесу на початку його виникнення, сформулювати критерії виявлення розладнання;
- вдосконалити існуючі та розробити нові методи оцінки відповідності готової продукції з метою зменшення ризику прийняття помилкового рішення та запобігання втратам виробника;
- розробити рекомендації до статистичного оцінювання фактичного вмісту виготовленої продукції при її фасуванні та пакуванні;
- розробити методику планування (проектування) контролю якості технологічного процесу як елемента СУЯ на МП кондитерської галузі.

*Об'єкт дослідження* – процес забезпечення якості виготовлення продукції на малопотужному кондитерському підприємстві.

*Предмет дослідження* – методи та алгоритми контролю якості продукції на всіх стадіях її життєвого циклу.

**Методи дослідження.** Розв'язання поставлених завдань виконано з використанням основних положень теорії оцінювання показників якості; дослідження чутливості контрольних карт – методами математичного аналізу, перевірки статистичних гіпотез; оцінювання мінливості та стабільності технологічного процесу проведено із застосуванням теорії ймовірностей та статистичного аналізу; послідовне виявлення невідповідностей готової продукції методами адаптивного контролю, теорії прийняття рішень, концепції невизначеності. Статистичну інформацію оброблено за допомогою пакета MS Excel та MathCAD.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у теоретичному обґрунтуванні та подальшому розвитку методів забезпечення якості продукції на етапах її життєвого циклу, а саме:

1. Вперше досліджена чутливість контрольних карт технологічного процесу, за результатами чого розроблені додаткові рекомендації щодо їх застосування з максимальною чутливістю до змін технологічного процесу.

2. Вперше запропоновано метод сполучення елементарних подій, який відрізняється від відомих застосуванням біноміальної моделі для встановлення додаткових критеріїв виявлення розладнання технологічного процесу на початковому етапі; введено у науковий обіг коефіцієнт оперативності критерію розладнання технологічного процесу.

3. Дістав подальшого розвитку метод захищеного приймання щодо відповідності продукції шляхом формування вирішального правила за покроковим уточненням відповідності контрольованої величини, результат вимірювання якої потрапив у захисну смугу, довжиною, пропорційною невизначеності вимірювання, що дозволяє зменшити ризик прийняття помилкового рішення та запобігає втратам виробника.

4. Вперше запропоновано метод адаптивних контрольних границь при оцінюванні відповідності продукції, який відрізняється можливістю поетапного збільшення приймальних границь в межах поля допуску на контрольований параметр для об'єктів з різною довжиною інтервалу приймання, відповідність яких не була встановлена на попередніх етапах, що забезпечує нормоване значення ймовірності відповідності продукції.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у тому, що їх використання на кондитерському МП дозволяє:

- надійно та оперативно виявляти стан неналежної точності та стабільності технологічного процесу за відносно малої його тривалості та підтримувати процес в стані статистичної керованості шляхом застосування контрольних карт з максимальною чутливістю до змін технологічного процесу та обґрунтованим встановленням інтервалів між вибірками;

- підвищити вірогідність оцінки відповідності однономенклатурної партії продукції шляхом застосування диференційованого підходу до оцінки стану об'єкта за рахунок розвинутого в роботі методу захищеного приймання;

- підвищити вірогідність оцінки відповідності багатноменклатурної партії продукції та уникнути зайвих втрат виробника шляхом застосування розробленого методу адаптивних контрольних границь.

Розроблена методика контролю якості виготовлення продукції може бути покладена в основу планування (проектування) контролю якості при впровадженні елементів СУЯ на кондитерському МП та не вимагає додаткового підвищення кваліфікації працівників на відповідному етапі.

Основні наукові положення дисертації доведено до рівня практичних рекомендацій та розробленої методики контролю технологічного процесу, що впроваджена на ТОВ «Фабрика «Світязь» м. Києва, результати дослідження впроваджено у навчальний процес кафедри автоматизації експериментальних досліджень, про що є відповідні акти, наведені у Додатку Б дисертації.

Практичну цінність отриманих результатів підтверджують зменшені нормативні втрати сировини при виробництві продукції та кількість повернень продукції з торгових мереж з причин неналежної якості на 2...3 процентних пункти.

**Особистий внесок здобувача.** Постановка завдань досліджень, розробка методів, підходів до її вирішення та обговорення одержаних результатів здійснювались спільно з науковим керівником. Роботи [5, 8-12] написані автором самостійно. В роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належать: [1] – побудова експериментальних залежностей змін середньої довжини вибірки від рівня статистичної значущості та числа вибірових даних до кожної контрольної точки; [2,3] – дослідження ймовірності виникнення розладнання технологічного процесу за нормального та біноміального законів розподілу експериментальних даних та розроблення узагальненого алгоритму діагностування змін технологічного процесу; [4] – розробка алгоритму реалізації адаптивного послідовного методу; [6] – аналіз принципів побудови карт середнього значення та розмаху; [7] – аналіз залежності ймовірності прийняття рішення від показника вимірювальних можливостей.

**Апробація дисертації.** Основні положення дисертації доповідалися на семи міжнародних, всеукраїнських науково-технічних та науково-практичних конференціях, дві з яких за межами України, зокрема: «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи», (Львів, 2017); 27<sup>th</sup>, 28<sup>th</sup> International scientific symposium «Metrology and metrology assurance», Sozopol, Bulgaria (2017, 2018 pp.); «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах», (Вінниця, 2017); «Technical Using of Measurement», (Славськ, 2018); «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», (Чернігів, 2018); «Системи – 2018» (Львів, 2018).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 12 наукових праць, у тому числі: 5 – у наукових фахових виданнях України, з яких 4 входять до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus, 7 – тези доповідей в збірниках конференцій, з них 2 – у закордонних (Proceedings).

**Структура та обсяг дисертації.** Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків. Загальний обсяг роботи складає 169 сторінок, з яких 136 сторінок основного тексту, 30 рисунки, 5 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету, наукове завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження, визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, наведено дані про апробацію та публікації, окреслено особистий внесок здобувача.

**У першому розділі** проведено аналіз сучасного трактування поняття «якості». Введено у науковий обіг поняття «малопотужне підприємство» (МП) з метою акцентування саме на потужності підприємства, яка не має корельованого зв'язку з чисельністю персоналу. Технологічний процес таких підприємств є дискретним, включає неавтоматизовані операції, а виробництво є малосерійним та багатонomenclатурним. Саме такими є низка приватних кондитерських підприємств. Проаналізовані особливості МП щодо забезпечення якості продукції, встановлені чинники, що гальмують процес досягнення належної якості продукції. Розглянуті особливості методів забезпечення якості продукції на малопотужному кондитерському підприємстві та намічені шляхи їх удосконалення.

Враховуючи особливості МП – невелику чисельність персоналу та відсутність бюджету на впровадження вимог ISO 9000, що не дозволяє створювати повноцінну функціональну структуру управління якістю, запропоновано комплексний підхід до забезпечення якості продукції на основі статистичного контролювання технологічного процесу, що є найбільш обґрунтованим та достовірним інструментом. Комплексний підхід передбачає проведення планування (проекування) складової СУЯ – контролю якості з метою запобігання виникнення проблемних ситуацій та своєчасного виявлення розладнання технологічного процесу на всіх етапах життєвого циклу продукції.

На підставі вищенаведеного сформульовано мету, об'єкт та предмет дослідження, окреслені можливі шляхи досягнення поставленої мети, що визначають структуру та зміст наступних розділів роботи.

**У другому розділі** показана важливість утримання стабільності та точності виробництва у заданих нормах, що безпосередньо трансформується у забезпечення якості продукції. Враховуючи особливість малопотужного підприємства, що полягає у малій тривалості технологічного процесу, частій зміні номенклатури продукції, її малих серій та, як наслідок, відсутності значного обсягу вибірових даних, бажаним є виявлення зміщення характеристик процесу на ранніх стадіях. Для вирішення цього завдання традиційно застосовується широко уживаний статистичний інструмент – контрольні карти (КК) Шухарта, які дозволяють, виходячи з аналізу параметрів серії послідовних вибірових даних, визначати, по відношенню до контрольних граничних значень, наявність невинпадкових причин, які призвели до розладнання технологічного процесу.

Для малопотужних підприємств, з причин, наведених вище, не можливо тривалий час проводити моніторинг виробництва. Тому істотним є чутливість КК – здатність до виявлення розладнання технологічного процесу, яка визначається числом вибірок, за якими обчислюють середні значення контрольованого параметру та середньоквадратичні відхилення у контрольних точках, з моменту розладнання процесу до його виявлення контрольною картою, тобто виходу точок – параметрів процесу за граничні значення. Проведено дослідження чутливості  $\bar{X}$ -карт. Для цього оцінювалася середня довжина серії  $L_x(\delta_t)$  – середнє значення числа вибірок, які аналізувалися через однакові інтервали часу за умови, що вибірові середні не корельовані:

$$L_{\bar{x}}(\delta_t) = p^{-1}. \quad (1)$$

Індекс  $t$  враховує факт появи зміщення в момент часу  $t$ . Коли зміщення відсутнє ( $\delta = 0$ ), імовірність  $p_t(0) = \alpha$  (помилка 1-го роду) при виявленні зміщення. Імовірність події, що при зміщенні  $\mu_0$ , поточне вибірове середнє не вийде за граничні значення, складе  $\bar{P}(\delta_t) = 1 - P_{\bar{x}}(\delta_t)$ , тоді

$$L_x(\delta_t) = [\bar{P}_{\bar{x}}(\delta_t)]^{-1}. \quad (2)$$

Залежності зміни середньої довжини серії  $L_x(\delta)$  від значення  $\delta$  та числа вибірових даних  $n$  для попереджувальної межі (при  $\alpha = 0,05$ ) наведено на рис.1. Проведені аналогічні дослідження для межі дії (при  $\alpha = 0,01$ ).

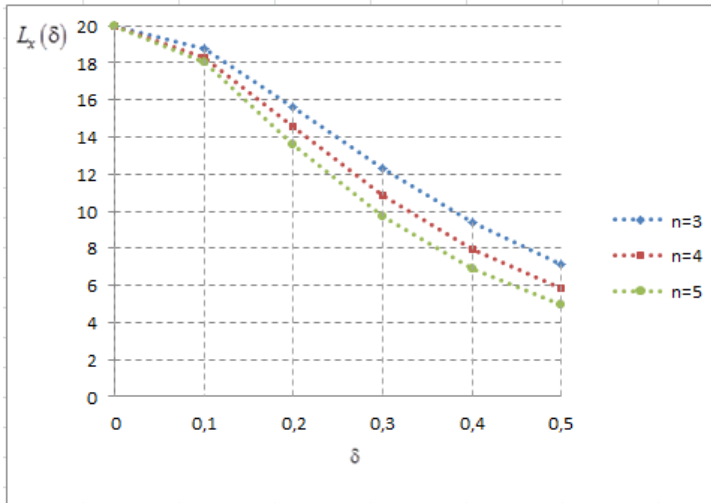


Рисунок 1– Зміни  $L_x(\delta)$  від  $\delta$  та  $n$  при  $\alpha = 0,05$

Проведено дослідження чутливості й  $S$ -карти. Визначено середню довжину серій  $S$ -карти:

$$L_S(\varepsilon_t) = \left[ P \left( \chi^2 > \frac{\chi_{n-1;0,01}^2}{\varepsilon_t^2} | n-1 \right) \right]^{-1} \quad (3)$$

де  $P$  – імовірність події, що поточне вибіркове значення  $S_n$  вийде за межу дії;

$\varepsilon_t = \sigma_t / \sigma_0$ ;  $\chi^2 = \frac{(n-1)S_n^2}{\sigma_0^2}$  – значення статистики розподілу Пірсона.

На рис.2 наведено залежність довжини серій  $S$ -карти від  $\varepsilon_t$  для  $\alpha = 0,05$ . Аналогічно досліджена чутливість  $S$  – карти за  $\alpha = 0,01$ . При одночасному використанні  $\bar{X}$  та  $S$ -карт, процес вважається статистично керованим у тому випадку, коли це підтверджують обидві карти.

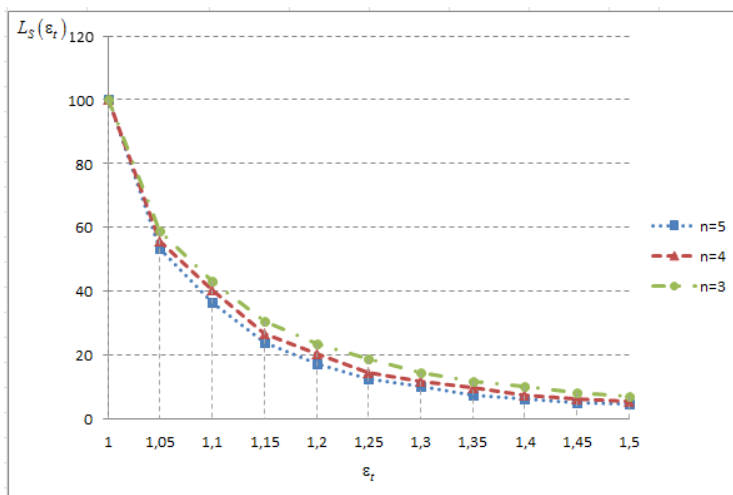


Рисунок 2 – Зміни  $L_S(\varepsilon_t)$  від  $\varepsilon_t$  та  $n$  при  $\alpha = 0,05$

Проведений аналіз дозволяє за відносно малої тривалості технологічного процесу, що характерно для малопотужних підприємств, обґрунтовано установлювати інтервали між контрольними вибірками.

Для МП важливим є виявлення зміщення характеристик технологічного процесу на ранніх стадіях. При побудові контрольних карт вихідним є те, що від-

З рис.1. випливає, що при зміщенні  $\mu_0$  на  $0,4\sigma_0$  вихід першого вибіркового середнього за попереджувальну межу ( $\alpha = 0,05$ ) відбудеться через 8 та 7 кроків відповідно для вибірок у 4 та 5 елементів, а вихід за межі дії ( $\alpha = 0,01$ ) – через 26 кроків. Отже, по відношенню до корегувальних дій чутливість  $\bar{X}$  – карти за  $n = 4$  на 20% менше, ніж за  $n = 5$ .

Як показав проведений аналіз, рекомендація нормативних документів щодо числа значень у вибірках 4...5 справедлива лише для  $S$ -карт. Для карт середніх значень чутливість залежно від числа спостережень відрізняється на 20%, що суттєво для забезпечення якості продукції малопотужних підприємств.



хилення поточного значення контрольованого параметра технологічного процесу від номінального значення більше ніж на «три сігма» є проявом впливу не випадкової причини і свідомством розладнання технологічного процесу

Граничне значення ймовірності такої події становить 0,003. Проведено аналіз ймовірності знаходження послідовності контрольних точок у певній зоні КК, за яким визначено мінімальну кількість значень у послідовності, коли ймовірність такої складної події стає менше, ніж 0,003. За результатами аналізу сформульовано критерії, що дозволяють виявити розладнання процесу, коли «класичні» критерії застосування КК цього не можуть виявити. Ймовірність появи послідовності значень випадкової величини в певній області контрольної карти, наприклад, по один бік від центральної лінії, може бути знайдена як добуток ймовірностей елементарних незалежних подій у послідовності:

$$P(A_1, A_2, \dots, A_n) = \prod_{i=1}^n P(A_i), \quad (4)$$

де  $A_i$  – подія, пов'язана з попаданням в певну зону КК у послідовності.

За результатами аналізу сформульовані критерії виявлення розладнання технологічного процесу на початковому етапі. Для цього було проведено дослідження можливих ситуацій, які відповідають знаходженню контрольних точок можливого розсіювання середніх у зонах А, В, С контрольної карти (або їх сполученні). Як приклад, на рис.3а, наведено графік залежності ймовірності знаходження послідовності з  $i$  контрольних точок по один бік від центральної лінії КК, 3б – сукупність точок на контрольній карті, що свідчить про розладнання процесу.

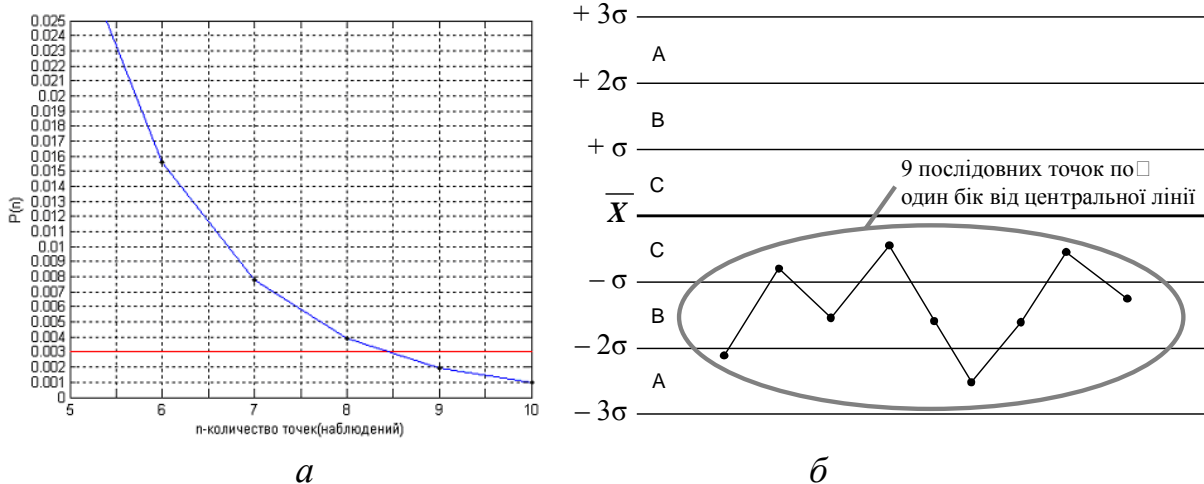


Рисунок 3 – Контрольні точки по один бік від центральної лінії КК

Як впливає з рис.3, ймовірність попадання контрольних точок в область КК, сформовану зонами А, В, С, розташованими по один бік від центральної лінії, буде спадати зі збільшенням числа контрольних точок у послідовності. Для послідовності, яка включає дев'ять точок, ймовірність складної події стане менше, ніж 0,003. Ймовірність такої події складе  $P(A_1, A_2, \dots, A_9) = \prod_{i=1}^9 P(A_i) = 0,5^9 = 0,00195$ . Як-

що на контрольній карті виявлено таке розташування контрольних точок, то ро-

битися висновок про наявність не випадкових впливних величин, і тоді необхідно вводити корегуючі дії у хід технологічного процесу.

Аналогічним шляхом встановлені критерії для різних зон і областей КК. Як зазначалось раніше, для МП суттєвим є оперативність виявлення розладнання процесу. З метою виявлення найбільш оперативного критерію в роботі введено коефіцієнт оперативності критерію як відношення ймовірності елементарної події до критичного числа точок у послідовності:

$$K_{\text{оп}} = p_0(A_i) / n. \quad (5)$$

Введення  $K_{\text{оп}}$  дозволяє визначитися з черговістю застосування критеріїв. В табл. 1 наведені відповідні співвідношення для 5 (1.1 – 1.5) встановлених у роботі критеріїв. Чим більший коефіцієнт оперативності критерію, тим скоріше виявляється розладнання процесу.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів оперативності критерію

№ Критерію	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Критичне число точок $n$	9	8	6	4	2
Ймовірність елементарної події	0,4986	0,4772	0,3413	0,1573	0,0214
Коефіцієнт оперативності	0,056	0,060	0,057	0,034	0,011

Як витікає з таблиці 1, найбільш оперативним є критерій 1.2, хоча ймовірність елементарної події для критерія 1.1 більше.

Для формування критеріїв розладнання технологічного процесу у випадку можливого знаходження контрольних точок у різних зонах КК запропоновано метод сполучення елементарних подій, що дозволив виявити додаткові критерії. Метод базується на застосуванні біноміального закону розподілу випадкової величини:

$$p_N(x) = C_N^x p^x q^{N-x} = \frac{N!}{x!(N-x)!} p^x q^{N-x} = \frac{N(N-1)\dots(N-x+1)}{x!} p^x q^{N-x}. \quad (6)$$

Аналіз даних за цим виразом дозволяє виявити критичні ситуації, ймовірність появи яких становить менше 0,003. На рисунку 4а, наведено діаграму визначення ймовірності розладнання технологічного процесу, а на рисунку 4б – відповідне розташування контрольних точок. Вихідним є критерій 1.3 (табл.1), коли ймовірність появи послідовності з 6 контрольних точок з 6 випробувань у зоні С по один бік від центральної лінії менше 0,003 (позначено горизонтальною лінією).

Як витікає з діаграми, наведеної на рис. 4а, при збільшенні числа випробувань можна зробити висновок, що, коли з 8 значень тільки одне не знаходиться в цій зоні, то це може бути критерієм виходу процесу зі стану статистичної керованості, оскільки ймовірність виникнення такої події за виразом (6) складе:

$$p_N(x) = 0.3413^7 (1 - 0.3413)^{8-7} \frac{8!}{7!(8-7)!} = 0.0028 \quad (7)$$

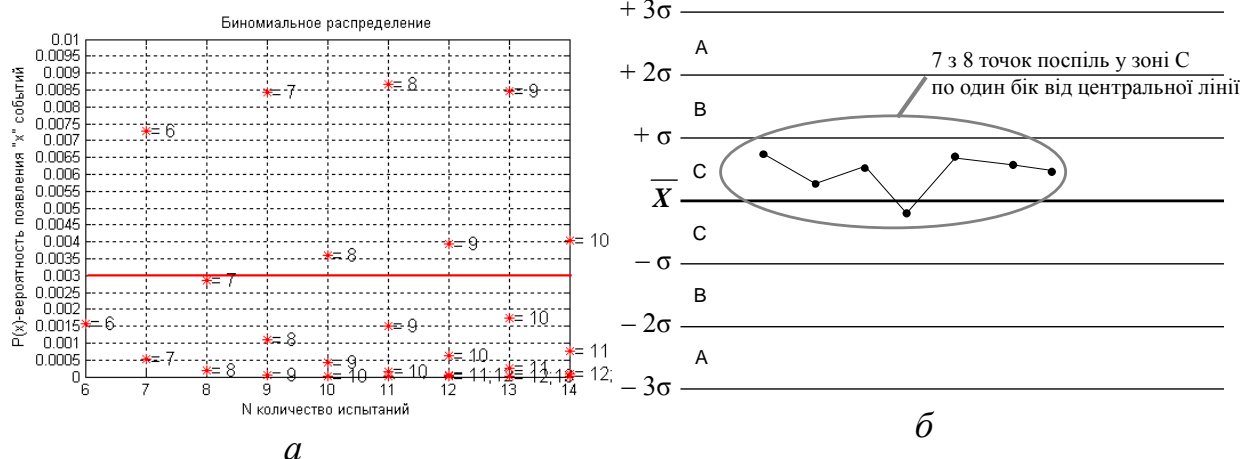


Рисунок 4 – Критерій розладнення технологічного процесу за методом сполучення елементарних подій

Свідомством про розладнання також можуть слугувати складні події 8 з 9, 9 з 10 і т.д. Досліджено різні ситуації попадання точок у різні зони, які знаходяться по один бік від центральної лінії КК, результати яких наведено у табл. 2., 3, 4.

Таблиця 2 – Критерії розладнання процесу за контрольними точками у зоні В

Кількість точок	3	5	8
З них в зоні В	3	4	5
Імовірність події	0.0025	0.0015	0.0017

Таблиця 3 – Критерії розладнання процесу за контрольними точками у зоні С

Кількість точок	8	10	12	14	16	16
З них у зоні С	1	2	3	4	5	16
Імовірність події	0.0018	0.0022	0.0023	0.0023	0.0021	0.0022

Таблиця 4 – Критерії розладнання процесу за контрольними точками в області, обмеженій зонами В та С

Кількість точок	8	12	13	14	15	16
З них у області В та С	8	11	11	12	13	12
Імовірність	0.0027	0.0018	0.00236	0.0015	0.0019	0.0031

Наявність даних критеріїв при проведенні моніторингу процесу свідчить про вплив особливих причин, що призводять до розладнання процесу.

Для даних, які мають аномальний або невідомий закон розподілу, досліджено непараметричні критерії, які найбільш підходять для даного випадку: критерій серій, в основу якого покладено медіанне значення, та критерій «висхідних» та «низхідних» серій. Встановлено, що незважаючи на достатню чутливість критерію, заснованого на медіані, він має суттєвий недолік для застосування його при контролі технологічного процесу на МП – для знаходження медіани необхідно мати вибірку обсягом, не менше 15...20 значень, яка може бути отримана після завершення технологічного процесу, коли його регулювання втрачає сенс. Доведено, що критерій «висхідних» та «низхідних» серій дозволяє виявити додаткові критерії, які

свідчать про розладнання процесу. Наведено співвідношення для граничних значень довжини серії та числа серій.

У третьому розділі здійснено аналіз вимог щодо процедури оцінки відповідності готової продукції на підставі результатів вимірювання заданих параметрів. Показано, що вірогідність прийняття вірного рішення про відповідність об'єкту (продукції) заданим вимогам, залежить від невизначеності вимірювання при контролі та довжини допускового інтервалу. Ризик прийняття помилкового рішення щодо відповідності об'єкту може бути зменшений шляхом введення захисної смуги, границі якої зміщені у середину поля допуску з параметром довжини  $w = U = 2u_c$ , як показано на рис. 5, де  $x_n$  – нижня границя поля допуску;  $x_n'$  – нижня приймальна границя. Однак, при введенні захисної смуги збільшуються втрати виробника.

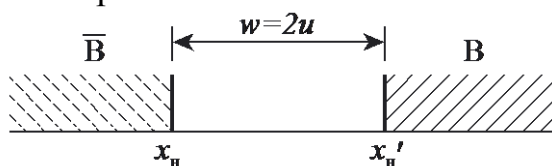


Рисунок 5 – Приймальна границя по відношенню до допускової границі

Для зменшення втрат виробника запропоновано розвинути метод захищеного приймання щодо відповідності продукції шляхом формування вирішального правила за покроковим уточненням відповідності контрольованої величини,

результат вимірювання якої потрапив у захисну смугу, довжиною, пропорційною розширеній невизначеності вимірювання. Це дозволяє зменшити ризик прийняття помилкового рішення та запобігти втратам виробника. При цьому вимірювання контрольованого параметра відбуваються у два етапи:

1) якщо для результату первинного вимірювання  $z_1$  виконується нерівність  $z_1 < x_n$ , то приймається рішення про невідповідність, а при  $z_1 > x_n'$  – про відповідність продукції, і на цьому контроль закінчується;

2) для об'єктів, результати первинних вимірювань яких знаходяться в інтервалі  $x_n \leq z_1 \leq x_n'$ , пропонується послідовно проводити додаткові вимірювання з прийняттям рішення після кожного кроку другого етапу.

Граничне число додаткових вимірювань визначається з допустимої імовірності помилкових рішень. Загальне число контрольно-вимірювальних операцій, включаючи етапи послідовної процедури, становить:

$$V_{W(r)} = W + s_0 + s_1 + \dots + s_r, \quad (8)$$

де  $r$  – число етапів;  $W$  – число об'єктів у контрольованій сукупності;  $s_0$  – число об'єктів первинного вимірювання, які потрапили у інтервал  $(x_n, x_n')$ ;  $s_1$  – число об'єктів, результати вимірювання яких після первинного додаткового етапу залишились в інтервалі  $(x_n, x_n')$  і для яких приймається рішення про проведення другої додаткової контрольно-вимірювальної операції й т.д.

Збільшення обсягу контрольно-вимірювальних операцій порівняно з початковим (первинним) обсягом  $V_0 = W$  буде визначатися як

$$\lim_{W \rightarrow \infty} \frac{M(V_{\text{посл}})}{W} = 1 + q \frac{1 - q^{r-1}}{1 - q}. \quad (9)$$

де  $q = 1 - p$ ; ( $q < 0,5$ ) – ймовірність того, що результат початкового (первинного) вимірювання опинився у зоні невизначеності (сумнівних рішень). Значення  $q$  залежить від параметрів закону розподілу можливих значень контрольованої величини та точності вимірювання.

Застосування цього методу дозволяє зменшити ймовірність прийняття помилкових рішень при незначному збільшенні обсягу контрольовано-вимірювальних операцій. Навіть при  $q = 0,1$  збільшення не перевищить  $0,1W$ .

Показано, що характерною властивістю малопотужних підприємств є широка номенклатура виробів із можливою зміною асортименту продукції декілька разів за добу, кожен з яких має «власний» допусковий інтервал на контрольований параметр за того самого контрольованого обладнання. Оскільки ЗВТ на виробництві залишаються тими самими, то й інструментальна складова невизначеності вимірювання залишається тією самою. Параметром, який характеризує якість вимірювання відносно вимог, що задаються допуском, є показник вимірювальних можливостей:

$$C_m = \frac{x_b - x_n}{4u_c} = \frac{T}{2U}. \quad (10)$$

Значення  $C_m$  у цьому випадку залежить від довжини допускового інтервалу  $T$  та невизначеності вимірювання  $u_c$  і буде змінюватися зі зміною номенклатури контрольованих виробів. Виходячи із значення  $C_m$  можна для заданих границь поля допуску ( $x_b, x_n$ ) обчислити апіорну ймовірність відповідності об'єкта заданим нормам:

$$p_b = \Phi[4C_m(1 - \tilde{x})] - \Phi(-4C_m\tilde{x}) = p_b(\tilde{x}, C_m), \quad (11)$$

де  $\tilde{x} = \frac{x - x_n}{T}$ . Графічна інтерпретація взаємозв'язку  $C_m, p_b$  та  $\tilde{x}$  наведена на рис.6

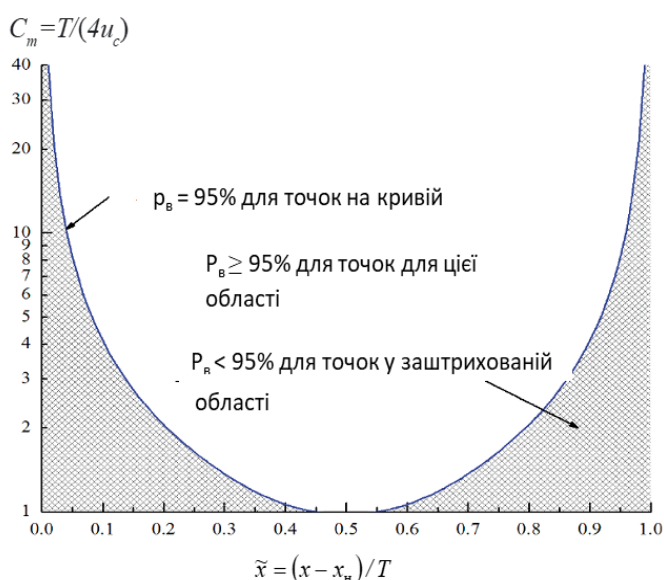


Рисунок 6 – Взаємозв'язок  $C_m, p_b$  та  $\tilde{x}$

За таких умов запропоновано метод адаптивних контрольних границь, де кожний послідовний крок оцінки відповідності призводить до збільшення коефіцієнту вимірювальних можливостей що, у свою чергу, розширює контрольні границі, з якими на наступному кроці порівнюється середнє значення, обчислене за всіма результатами, отриманими на усіх попередніх кроках.

Цей метод відрізняється можливістю поетапного збільшення приймальних границь в межах поля допуску на контрольований параметр для об'єктів з різною

довжиною інтервалу приймання, відповідність яких не була встановлена на попередніх етапах, як показано на рис.7.

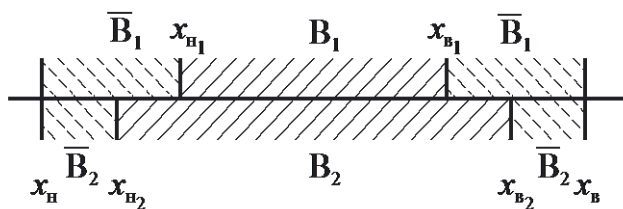


Рисунок 7 – Адаптивні контрольні границі

Така процедура продовжуватиметься до тих пір, поки не «досягнемо» граничних значень, яким відповідає вірогідність 0,95 або більше. Число послідовних етапів визначають також за допустимою «залишковою» ймовірністю прийняття помилкового рішення про відповідність об'єкта. Ця ймовірність залежить від параметрів закону розподілу контрольованої величини. Відмінною рисою методу адаптивних контрольних границь є те, що зменшується ризик прийняти невідповідний об'єкт як відповідний. Але реалізація його складніша, ніж реалізація методу з фіксованими граничними значеннями і полягає у наступному.

На початку процедури прийняття рішення, виходячи з реального співвідношення довжини допускового інтервалу та невизначеності вимірювання (рис. 6) знаходять вихідні відносні контрольні границі  $\tilde{x}_{1н}$  та  $\tilde{x}_{1в}$ , які відповідають ймовірності прийняття рішення про відповідність  $p_b = 95\%$ . Первинні відносні значення контрольних границь складають:

$$\tilde{x}_{1н} = \frac{x_{1н} - x_n}{T}; \quad \tilde{x}_{1в} = \frac{x_{1в} - x_b}{T}. \quad (12)$$

При цьому абсолютні значення первинних контрольних границь є:

$$x_{1н} = \tilde{x}_{1н} T + x_n; \quad x_{1в} = \tilde{x}_{1в} T + x_b. \quad (13)$$

З цими контрольними граничними значеннями порівнюють первинний результат вимірювання  $z_1$ . Якщо він знаходиться у межах

$$x_{1н} \leq z_1 \leq x_{1в}, \quad (14)$$

то з ймовірністю  $p_e \geq 95\%$  приймається рішення про відповідність об'єкта (параметра) заданим нормам, і на цьому процедура контролю закінчується.

За умови невиконання нерівності (14) переходять до послідовної процедури зменшення невизначеності вимірювання та знаходження додаткових контрольних границь. Визначають на  $(i+1)$ -у етапі середнє значення як

$$\bar{z}_2 = \frac{z_1 + z_2}{2}, \quad (15)$$

Невизначеність цього результату складе:

$$u_{c(i+1)} = u_c / \sqrt{i+1} \quad (16)$$

та відповідно

$$C'_m = \frac{T\sqrt{i+1}}{2U}. \quad (17)$$



Якщо на  $n$ -му етапі ймовірність відповідності в межах граничних значень  $x_n$  та  $x_v$  залишається менше 95%, то приймається рішення про невідповідність об'єкту або про відповідність з ймовірністю  $p_v < 95\%$  за формулою (11). Число додаткових вимірювань для кожного контрольованого об'єкту залежить від ймовірності попадання  $i+1$  середнього значення між контрольними границями цього інтервалу за умови, що на попередньому етапі середнє значення знаходилося поза контрольними границями  $i$ -го контрольного інтервалу. Число об'єктів, для яких після первинного вимірювання буде прийнято рішення про відповідність, визначається площею під кривою розподілу можливих значень контрольованої величини між значеннями  $x_{1n}$  та  $x_{1v}$ . Ймовірність закінчення процедури оцінювання відповідності залежить не тільки від співвідношення між  $C_m = T/4u_m$ , а й від СКВ технології виробництва.

Запропоновані методи спрямовані на підвищення вірогідності оцінювання відповідності кожного об'єкту сукупності та зменшення втрат виробника, що є суттєвим для МП.

**У четвертому розділі** розглянуто особливості технологічного процесу виготовлення борошняних кондитерських виробів, проведено аналіз впливу технологічних параметрів на якість продукції на всіх етапах технологічного процесу. Визначено, що для малопотужних підприємств з дискретним способом виробництва етап замішування тіста є самим раннім етапом, на якому можна встановити розладнання процесу та за результатами його моніторингу ввести коригувальні дії за мінімальних витрат часу та ресурсів, використовуючи контрольні карти Шухарта. При цьому встановлено, що основним впливним параметром на якість продукції є вологість тіста, значення якого залежить від маси сухих речовин рецептурних інгредієнтів та волого поглинальної властивості борошна.

Для готової продукції нормується число виробів в одному кілограмі. Ця норма встановлюється у вигляді: «Число виготовленої продукції в кілограмі має бути не менше або не більше заданого значення». Оскільки формування окремих тістових заготовок виробів здійснюється за об'ємом, а фасування готової продукції в нормовану тару – за масою, необхідно оцінювати середнє значення маси одного печива, що дозволить визначити число печив в одному кілограмі, за якого виконуються вимоги щодо мінімально допустимої маси без втрати якості товару в упаковці. Для зменшення впливу зміщення характеристики вагів запропоновано середнє значення вибірки визначати як результат зважування всієї сукупності виробів у вибірці, віднесене до числа виробів  $n$  у цій вибірці (зазвичай воно дорівнює 10), тобто

$$\hat{m} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n m_i \right) + \Delta_0 + e}{n} = \bar{m} + \frac{\Delta_0}{n} + \frac{e}{n}, \quad (18)$$

де  $\Delta_0$  – систематична складова основної похибки ваг;  $e$  – сумарний вплив випадкових величин під час зважування.

Згідно з вимогами технічного регламенту щодо товару, упакованого за відсутності кінцевого споживача, виробник зобов'язаний проводити оцінку відповідності фасованого товару за масою кожної пакувальної одиниці. При цьому нормується від-

хилення середнього значення маси вибірки фасованої продукції по відношенню до її граничного значення  $\xi$ , з тим, щоб характеристики виробу знаходились у допустимих межах. Для допустимого від'ємного відхилення, виходячи зі співвідношення  $P\{\bar{Q} - Q_n | < \xi\} = 1 - \alpha$  встановлюються граничні значення, за якими приймається рішення про відповідність готової продукції. Оскільки переповнення упаковки може призвести до втрати товарного вигляду, то для запобігання рекламцій та повернення продукції, доцільно забезпечувати, у певних межах, від'ємне відхилення  $\xi$  партії від середнього значення вмісту вибірки у  $n$  упакованих одиниць, тобто

$$\bar{Q} < Q_n - \frac{s}{\sqrt{n}} t_{n,(1-\alpha)}, \quad (19)$$

де  $\bar{Q}$  – одностороннє граничне значення для можливих значень середньої маси вибірки,  $Q_n$  – номінальне значення;  $n$  – кількість упакованих одиниць у вибірці;  $s$  – стандартне відхилення фактичної маси у вибірці з  $n$  упакованих одиниць, обчислене за результатами експерименту;

$t_{n,(1-\alpha)}$  – коефіцієнт розподілу Стюдента для довірчого інтервалу за вибірки у  $n$  елементів та довірчої ймовірності  $P = 1 - \alpha$ .

Для зменшення впливу зміщення характеристики вагів запропоновано середнє значення вибірки визначати за формулою (18).

Як видно, у цьому випадку вплив  $\Delta_0$ , як і  $e$ , зменшується у  $n$  разів порівняно з традиційним методом визначення середнього значення вибірки. Таким чином, при експериментальному оцінюванні середнього значення вибірки з партії фасованої продукції буде спостерігатися більш точний результат при використанні запропонованого методу.

Оскільки для конкретного засобу вимірювання  $\Delta_0$  не відомо, то необхідно при оцінюванні відповідності використовувати  $\Delta_{0гр}$ , значення якого наводиться у нормативній документації на ваги. Тому, при оцінюванні СКВ слід використовувати вираз:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right], \quad (20)$$

за якого вплив систематичної складової похибки засобу вимірювання відсутній. Це дозволить зменшити вплив похибки ваг на невизначеність результату, і тим самим забезпечити відповідну вірогідність прийняття рішення.

Розроблена методика контролю технологічного процесу, яка основана на методах контролювання точності та виявленні розладнання технологічного процесу на початковому етапі, підвищенні вірогідності прийняття рішення про відповідність продукції при незначному збільшенні об'єму контрольно-вимірювальних операцій, може бути покладена в основу планування (проектування) контролю якості при впровадженні елементів системи управління якістю на малопотужних підприємствах та не вимагає додаткового підвищення кваліфікації працівників і введення додаткового обладнання.

Відповідно до методики структурна організація контролю якості виробництва печива наведена на рис. 8 а,б: за показником вологості – на рис.8 а; на рис. 8



б ліворуч наведена процедура оцінки відповідності готової продукції однойменної фасованої продукції за послідовним методом з фіксованими границями та праворуч – багатономенклатурної партії продукції за послідовним методом з адаптивними границями.

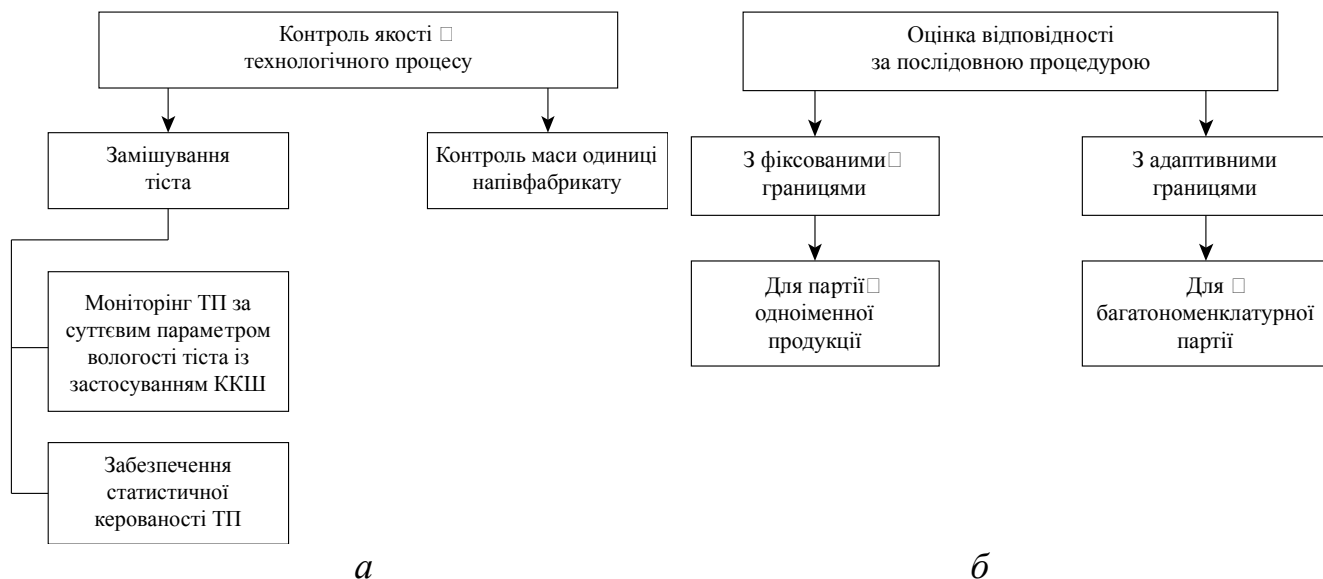


Рисунок 8 – Структурна організація контролю якості виробництва печива

У табл.5, 6 наведені результати впровадження методики.

Таблиця 5 – Зменшення нормативного рівня втрат сировини на виробництво продукції

Найменування продукції	Норматив втрат ,%	
	До впровадження 2016-2017 р	Після впровадження 2018 рік
Печиво «Дамське намисто»	5	3
Печиво «Повітрулька»	3	2
Печиво «Полешко»	4	2

Таблиця 6 – Зменшення нормативного рівня втрат сировини на виробництво продукції

Найменування продукції	Норматив втрат ,%		
	До впровадження 2016р	2017 р	Після впровадження 2018 р
Печиво «Дамське намисто»	2,1	2,2	0,5
Печиво «Повітрулька»	5	0,8	0,3
Печиво «Полешко»	1	3	0,0

Впровадження методики надало можливість зменшити нормативні втрати сировини при виробництві продукції та кількість повернень продукції з торгових мереж з причин неналежної якості на 2...3 процентних пункти.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що виявляється у формуванні та подальшому розвитку методів забезпечення якості продукції на етапах її життєвого циклу.

1. Проведено аналіз та встановлено характерні особливості малопотужного підприємства як об'єкта забезпечення якості продукції. Встановлено, що проблема досяжності відповідної якості продукції є комплексною і потребує комплексного підходу при плануванні (проектуванні) та застосуванні методів забезпечення, управління, контролювання якості на всіх стадіях життєвого циклу продукції. Для вирішення цієї задачі в умовах малого підприємства доцільно застосовувати статистичні методи.

2. Проведено аналіз чутливості контрольних карт до розладнання технологічного процесу, що дозволило, з врахуванням особливості малопотужних підприємств, обґрунтовано установлювати інтервали між контрольними вибірками. Встановлено, що рекомендація нормативних документів щодо числа значень у вибірках 4-5 справедлива лише для  $s$ -карт. Для карт середніх значень чутливість відрізняється на 20% залежно від числа значень у вибірках.

3. Розроблено метод сполучення елементарних подій для встановлення додаткових критеріїв виявлення розладнання технологічного процесу, що дозволяють ідентифікувати особливі причини його розладнання на початковому етапі та своєчасно вводити корегувальні дії; введено в науковий обіг коефіцієнт оперативності зазначених критеріїв. Показано, що застосування непараметричного критерію надає можливість виявити нові особливі ситуації, які свідчать про розладнання процесу за невідомого розподілу контрольованих величин.

4. Запропоновано при оцінюванні відповідності готової продукції методом послідовного контролю з фіксованими граничними значеннями проводити додаткові вимірювальні процедури тільки тих об'єктів, результати вимірювання яких потрапили у захисну смугу..

5. Запропоновано метод адаптивних контрольних границь для об'єктів з різною довжиною інтервалу приймання, який дозволяє мінімізувати число додаткових вимірювань при вирішенні задачі підвищення вірогідності оцінки відповідності і, тим самим, зменшити собівартість продукції без втрати її якості.

6. Встановлено, що малопотужним підприємствам притаманне змінне значення коефіцієнту вимірювальних можливостей, що обумовлено значною кількістю різновидів продукції, що випускається, кожна з яких має свій допусковий інтервал на контрольований параметр. Для виконання нормативних умов з ймовірністю відповідності при контролі на тому самому обладнанні запропоновано удосконалити метод захищеного приймання, що дозволить виключити втрати виробника і забезпечити задане значення ймовірності відповідності нормам.

7. Розроблено методику планування (проектування) контролю якості продукції на важливих стадіях її життєвого циклу та апробовано її у виробничих умовах кондитерського виробництва; наведено практичні рекомендації щодо її застосування. Впровадження методики надало можливість зменшити нормативні втрати сировини при виробництві продукції та зменшити кількість повернень продукції з торгових мереж з причин неналежної якості на 2-3 процентних пункти

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Володарський Є.Т. Аналіз чутливості контрольних карт Шухарта / Є.Т. Володарський, М.В. Добролюбова, М.О. Клевцова // Інформаційні системи, механіка та керування, 2017. – № 17 (2017). – С. 51-60 (*фахове видання входить до міжнародної науково-метричної бази Index Copernicus*). Здобувачем побудовані експериментальні залежності змін середньої довжини вибірки від рівня статистичної значущості та числа вибірових даних до кожної контрольної точки.
2. Клевцова М.А. Обобщенный подход к оцениванию статистической управляемости технологического процесса. Часть 1. Статистическое обоснование критериев разлаженности технологического процесса / М.А. Клевцова, Л.А. Кошечая // Метрологія та прилади, 2018. – № 1. – С.40-45 (*фахове видання входить до міжнародної науково-метричної бази Index Copernicus*). Здобувачем досліджено ймовірності виникнення розладнання технологічного процесу за нормального закону розподілу контрольованих показників.
3. Клевцова М.А. Обобщенный подход к оцениванию статистической управляемости технологического процесса. Часть 2. Статистический инструментарий для оценивания регулируемости технологического процесса, М.А. Клевцова, Л.А. Кошечая // Метрологія та прилади, 2018. – № 2. – С.47-53 (*фахове видання входить до міжнародної науково-метричної бази Index Copernicus*). Здобувачем досліджено ймовірності виникнення розладнання технологічного процесу за біноміальною моделлю та розроблено узагальнений алгоритм діагностування змін технологічного процесу.
4. Володарський Є.Т. Адаптивний послідовний метод прийняття рішення про відповідність продукції /Є.Т. Володарський, Л.О. Кошева, М.О. Клевцова // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Вимірювальна техніка та метрологія», 2018. – [№ 79 \(1\)](#), pp. 58-63 (*фахове видання входить до міжнародної науково-метричної бази Index Copernicus*). Здобувачем розроблено алгоритм реалізації адаптивного послідовного методу.
5. Клевцова М.О. Деякі аспекти проектування системи контролю якості технологічного процесу на малому підприємстві кондитерської галузі/ М.О. Клевцова // Вісник інженерної академії України, 2018. – №1 – С. 218-223 (*фахове видання*).
6. Volodarsky E. Control stability of indicators product quality / E.Volodarsky, Z.Warsha, L.Kosheva, M. Klevtsova // Proceedings of 27<sup>th</sup> International scientific symposium «Metrology and metrology assurance 2017». – September 8-12, 2017, Sozopol, Bulgaria. – p.332-336. Здобувачем проведено аналіз принципів побудови карт середнього значення та розмаху.
7. Volodarsky E. Formation of the rule decision-making about suitability products on the basis of the Adaptive algorithm / E.Volodarsky, L.Kosheva, M. Klevtsova // Proceedings of 28<sup>th</sup> International scientific symposium «Metrology and metrology assurance 2018». – September 10-14, 2018, Sozopol, Bulgaria. – p. 332-335. Здобувачем проведено аналіз залежності ймовірності прийняття рішення від показника вимірювальних можливостей.
8. Клевцова М.О. Проблеми забезпечення якості харчової продукції на малопотужному виробництві / М.О. Клевцова // Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції пам'яті професора Петра Столярчука «Управління

якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи», 11-12 травня 2017 р. м. Львів. – Вид-во Львівської політехніки, 2017. – С.84-85.

9. Клевцова М.О. Забезпечення якості продукції малопотужного кондитерського виробництва на основі концепції «Industry 4.0» / М.О. Клевцова // Тези доповідей 4-ї Міжнародної наукової конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2017). – Вінниця 30.10-2.11. 2017. – ВНДТУ. – С.49-50.

10. Клевцова М.О. Взаємозв'язок показника вимірювальної можливості з вірогідністю ухвалення рішення при контролі технологічного процесу / М.О. Клевцова // Тези доповідей IV Всеукраїнської науково-технічної конференції у царині метрології «Technical Using of Measurement – 2018» (TUM-2018), Славськ, 13–18 лютого 2018 р.

11. Клевцова М.О. Особливості оцінювання відповідності готової фасованої продукції / М.О. Клевцова // Міжнародна науково-технічна конференція «Системи –2018», 22-23 листопада 2018 р., м. Львів. – С.54-54.

12. Клевцова М.О. Оцінювання стабільності багатопараметричного технологічного процесу при кореляції його показників/ М.О. Клевцова, М.В. Добролюбова // Тези доповідей 8 Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», 10-12 травня 2018, м. Чернігів. – С.21-22. *Здобувачем перевірена гіпотеза про порушення технологічного процесу*

## АНОТАЦІЯ

**Клевцова М.О. Методи забезпечення якості продукції на малопотужному кондитерському підприємстві.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, м. Київ, 2019.

Дисертація спрямована на вирішення питань забезпечення якості продукції в умовах малопотужного підприємства. Робота полягає у теоретичному обґрунтуванні, формуванні та подальшому розвитку методів забезпечення якості продукції на етапах її життєвого циклу. Враховуючи особливість малопотужного підприємства, що полягає у частій зміні номенклатури продукції, малого її обсягу та відсутності значного обсягу вибірових даних, суттєвим є виявлення розладнання процесу на ранніх етапах, для виявлення якого застосовано контрольні карти Шухарта. Для обґрунтованого вибору інтервалів між контрольними вибірками досліджена чутливість контрольних карт до розладнання технологічного процесу. Введено у науковий обіг коефіцієнт оперативності критерію розладнання технологічного процесу та розроблено метод сполучення елементарних подій, за якого виявлені додаткові критерії за біноміальною моделлю.

В роботі розвинуто метод захищеного приймання щодо відповідності продукції заданим вимогам, що дозволяє зменшити ризик прийняття помилкового рішення та запобігає втратам виробника. Запропоновано метод адаптивних контрольних границь для об'єктів з різною довжиною інтервалу приймання.

Розроблено методику планування (проектування) контролю якості продукції на основі розроблених методів забезпечення якості та апробовано її у виробничих умовах кондитерського виробництва; наведено практичні рекомендації щодо її застосування.

**Ключові слова:** якість продукції, технологічний процес, контрольні карти, статистична керованість, критерії, стабільність та точність процесу, оцінка відповідності продукції, невизначеність результатів вимірювання, адаптивний послідовний алгоритм

## АННОТАЦИЯ

**Клевцова М. А. Методы обеспечения качества продукции на маломощном кондитерском предприятии.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.01.02 – стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение. – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2019.

Диссертация направлена на решение вопросов обеспечения качества продукции в условиях предприятия малой мощности. Работа заключается в теоретическом обосновании, формировании и дальнейшем развитии методов обеспечения качества продукции на этапах ее жизненного цикла. Учитывая особенность предприятия малой мощности, которая заключается в частой смене номенклатуры продукции, малого ее объема и отсутствия значительного объема выборочных данных, существенным является выявление разлаженности процесса на ранних стадиях, для выявления которого применены контрольные карты Шухарта. Для обоснованного выбора интервалов между контрольными выборками исследована чувствительность контрольных карт к разлаженности технологического процесса. Введен в научный оборот коэффициент оперативности критериев раннего выявления разлаженности процесса и разработан метод сочетания элементарных событий, при котором выявлены дополнительные критерии в соответствии с биномиальной моделью.

В работе развит метод защищенной приемки при оценке соответствия продукции заданным требованиям, что позволяет уменьшить риск принятия ошибочного решения и предотвращает потери производителя. Предложен метод адаптивных контрольных границ для объектов с разной длиной приемочного интервала. Разработана методика планирования (проектирования) контроля качества продукции на основе разработанных методов обеспечения качества и апробирована в производственных условиях кондитерского производства; приведены практические рекомендации по ее применению.

**Ключевые слова:** качество продукции, технологический процесс, контрольные карты, статистическая управляемость, критерии, стабильность и точность процесса, оценка соответствия продукции, неопределенность результатов измерения, адаптивный последовательный алгоритм.

## ABSTRACT

**Klevtsova M.O. Methods of ensuring the quality of products in low-power confectionery production** – On rights for a manuscript.

Dissertation is on the receipt of scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.01.02 – standardization, certification and metrology. The National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", MES Ukraine, Kiev, 2019.

The thesis is aimed at addressing the issues of product quality assurance in a low-power enterprise by applying a general approach to assessing the breakdown of the technological process and the formation of criteria for its early detection, the development of statistical methods for ensuring compliance of the finished product.

The work consists in theoretical substantiation, formation and further development of methods for ensuring the quality of products at the stages of its life cycle. The paper substantiates the concept of a low-power enterprise in order to focus on the power of the enterprise, which does not have a correlated connection with the number of staff, and characterizes its special feature. The technological process of such enterprises is periodic, includes non-automated operations, and production is small and multicomponent, with the same equipment and means of measurement being used. All this complicates the conduct of control operations and limits them in time.

It is shown the importance of maintaining the stability of production to ensure the quality of products. Taking into account the particularity of a small enterprise, which consists in the frequent change in the product range, its small volume and the lack of a significant amount of sample data, it is essential to identify the process of decomposition in the early stages. For operational control of the technological process, it is necessary to justify the choice of intervals between the control samples. For this purpose, the sensitivity of different types of cards to the technological process is analyzed. It was established that the recommendation of normative documents regarding 4-5 observations in control samples is valid only for s-cards. For medium-value maps, the sensitivity varies by 20% depending on the number of observations. An analysis of the sequence of events, which is displayed by finding the control points in certain areas on the map of average values, is determined and the probability of such a complex event is determined. The efficiency index is introduced, which is the criterion for early detection of the process decomposition, and the method of combining elementary events has been developed, in which additional criteria were found according to the binomial model.

It is shown that the probability of making a correct decision depends on the uncertainty of the measurement associated with the result of the measurement control and the length of the tolerance interval. It has been found that methods that are based on a consistent decision-making procedure are the most effective. The method of protected acceptance for product conformity has been developed by forming a decision rule for step-by-step specification of the compliance of the controlled quantity, the result of which was measured in the guard band, the length, proportional to the uncertainty of the measurement, which reduces the risk of making an erroneous decision and prevents losses of the manufacturer.

When evaluating compliance with fixed limit values, additional limit values are introduced in their vicinity. When the primary result hits the middle of the region,

bounded by additional limits, they pass to a consistent procedure for detecting the ratio of the current result and the additional limit values. At the same time, the probability of making false decisions decreases with insignificant increase in the volume of control and measuring operations.

It is shown that the characteristic feature of low-power enterprises is a wide range of products, each of which has a "own" tolerance on a controlled indicator for the same control equipment. Under these conditions, the method of adaptive control limit values is proposed, where each successive step of conformity assessment leads to an increase in the index of measurement capabilities and, in turn, expands the control limits with which the average value, calculated on all results obtained on all the steps. This method is distinguished by the possibility of gradually increasing the acceptance limits within the tolerance field to the controlled parameter for objects with different lengths of the receiving interval, the correspondence of which has not been established in the previous stages. This method, in contrast to the method with the introduction of guard band, allows you to exclude manufacturer losses and provide a given value of the probability of compliance with norms.

Features of the technological process of making flour confectionery products are considered. The parameter of the baking process technological process is chosen as the parameter of moisture content of the dough, since this parameter is actually the moisture content of the final product for non-susceptible varieties, and for baking varieties, in addition to the moisture content of the finished product, there is also a number of organoleptic characteristics, such as structure, fragility and others that are directly estimated by the consumer. An assessment of the conformity of the finished product to the actual content should be carried out by the enterprise using the statistical methods proposed in this work.

Therefore, when implementing the results of work on the production process control of the technological process, the integral index of moisture is taken as an indicator of quality, and when assessing the conformity of finished products - the mass. The peculiarities of the technological process of making flour confectionery products are considered, an analysis of the influence of technological parameters on the quality of products has been carried out, defined as the main parameter influencing the quality of products – humidity, an example of its monitoring is given.

The method of planning (designing) quality control of products was developed and tested in the production conditions of confectionery production; practical recommendations for its application are given. The introduction of the methodology has made it possible to reduce regulatory losses of raw materials in the production of products and the number of returns from the retail network due to reasons of inadequate quality by 2-3 percentage points.

**Key words:** product quality, technological process, control cards, statistical control, criteria, stability and precision of the process, conformity assessment of products, uncertainty of measurement results, adaptive sequential algorithm.

**Клєвцова Марина Олександрівна**

Автореферат на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Підписано до друку \_\_\_\_\_ Формат 60х84/16.

Папір офсет. Ум. друк. арк. 0,9.

Тираж 100 прим. Зам. № \_\_\_\_

Надруковано в \_\_\_\_\_